

PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA FROTA
BRASILEIRA DE ÔNIBUS INTERESTADUAIS DE
PASSAGEIROS**

Ana Campos de Mendonça

Brasília, 30 de Junho de 2016.

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA FROTA
BRASILEIRA DE ÔNIBUS INTERESTADUAIS DE
PASSAGEIROS**

Ana Campos de Mendonça

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/ EPR
(Orientador)

Prof. João Mello da Silva, UnB/ EPR

Prof. Annibal Afonso Neto , UnB/ EPR

Brasília, 30 de Junho de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Lucilene e Ivan, por acreditarem sempre no meu potencial. E, aos meus avós, por serem meus maiores exemplos e minha fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, devo agradecer aos meus pais que me proporcionaram, uma educação de qualidade, cada um de uma maneira. À minha mãe agradeço pelo seu amor incondicional, pelo seu enorme carinho e pelos valores ensinados, que me tornaram a pessoa que sou hoje. Além disso, agradeço principalmente pelo imenso apoio e por nunca ter desistido de mim, na época da minha depressão, em que nem eu acreditava mais em mim. Ao meu pai agradeço pelos ensinamentos transmitidos e por proporcionar o investimento nos melhores ensinamentos de educação aos seus filhos. Se me tornei Engenheira de Produção hoje, devo isso imensamente à dedicação e ao espírito de garra dos meus pais.

Além disso, agradeço aos meus irmãos por todo carinho e por todos os conselhos que me fizeram ser uma pessoa melhor. Com eles, consegui a motivação para vencer os momentos difíceis e para concluir esse projeto. Ao meu irmão, meu maior exemplo, por ter sido minha maior fonte de inspiração para escolher Engenharia. A minha irmã, minha amiga confiante, por me mostrar toda sua dedicação e esforço para conquistar o que almeja.

Agradeço aos meus avós, por quem tenho imenso apreço, pois são anjos maravilhosos que foram colocados na minha vida. Eles me deram todo amor e ampliaram minhas oportunidades de capacitar, contribuindo para minha formação acadêmica.

Também sou grato à minha turma de amigos, pelos ensinamentos compartilhados e pelos bons momentos vividos na época de UNB, principalmente a Paula e a Tatiana, por me apoiarem nos momentos que mais precisei de atenção. Agradeço, também aos meus amigos que fiz em Dublin, pois se tornaram minha segunda família, em que pude compartilhar a melhor experiência da minha vida. Sem dúvidas, eles foram meu suporte, nos momentos difíceis, em que tudo parecia desabar.

Por fim, agradeço a todos meus queridos docentes, que foram responsáveis pelo meu aprendizado e pelo enriquecimento da minha formação acadêmica e intelectual. Principalmente, agradeço ao professor Sérgio Ronaldo Granemann, pela orientação de qualidade e por sempre estar disposto em me auxiliar com melhores caminhos para esse projeto. Obrigada pela imensa compreensão e apoio, tendo em vista todos os obstáculos, que apareceram na execução desse trabalho.

RESUMO

O transporte rodoviário de passageiros caracteriza-se como principal modalidade na movimentação interestadual brasileira de passageiros. Pesquisas apontam que quando o veículo é novo os custos de manutenção são baixos, cobrindo basicamente as revisões de rotina e a substituição de componentes. Porém, depois de certa idade, esses custos aumentam consideravelmente. Nesse contexto, uma decisão importante é o momento adequado para se desfazer de um veículo obsoleto. Esse projeto visa, portanto, desenvolver uma avaliação econômica da frota brasileira de ônibus convencionais interestaduais de passageiros, por meio da mensuração do momento ideal de renovação dessa frota. Para isso, realizou-se o cálculo da vida econômica dos veículos, correspondente a 9 anos, por meio do método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), que define o período ótimo para a renovação. Com este projeto, portanto, foi estimado que 24% da quantidade total de ônibus convencionais interestaduais em uso estão acima da vida econômica ideal, e posteriormente, determinou-se o montante em reais necessário para renovar a frota envelhecida. Além disso, foram mensuradas as externalidades negativas de poluição atmosférica dos veículos antigos.

ABSTRACT

The road transport of passengers is characterized as the main transportation mode among the interstate movement of passengers. Researches indicate that when the vehicle is new, the maintenance costs are low, basically covering the routine revisions and the replacement of components. However, after a certain period of time, these costs increase considerably. In this context, an important decision is the right time to get rid of an obsolete vehicle. This project therefore aims to develop an economic evaluation of the Brazilian fleet of conventional interstate passenger bus, by measuring the ideal time of the renewal of this fleet. For this, there was the calculation of the economic life of the vehicles, corresponding to 9 years by the method of Equivalent Uniform Annual Cost (CAUE, in Portuguese), which defines the optimal period for the renewal. With this project, therefore, it was estimated that the total amount of conventional interstate buses in use are above the ideal economic and later, the amount was determined in real need to renew the aging fleet. Moreover, the negative externalities of air pollution from old vehicles were measured, in a way of complementing the paper.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização	9
1.2 Objetivo da Pesquisa.....	10
1.2.1 Objetivos Específicos	10
1.3 Justificativa	10
1.4 Metodologia da Pesquisa.....	12
1.5 Estrutura do Trabalho.....	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Dispendios do Transporte Rodoviário Interestadual	15
2.2 Vida Econômica	17
2.3 Substituição da Frota de Ônibus.....	19
2.4 Poluição Atmosférica.....	22
3. APlicação do modelo de susbtituição da frota de ônibus interestaduais	
25	
3.1 Seleção do veículo:	25
3.2 Determinação da Vida Econômica	28
3.2.1 Custos de depreciação e de capital	29
3.2.2 Custos de Manutenção	36
3.3 Custo Anual Uniforme Equivalente.....	39
3.4 Impactos econômicos da substituição idêntica	45
3.5 Externalidades negativas da poluição atmosférica.....	47
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do custo anual uniforme equivalente.....	21
Figura 2 - Representação do Ônibus rodoviário Scania K380 – Marcopolo Paradiso 1550....	28
Figura 3 - Gráfico da depreciação operacional.....	33
Figura 4 - Curva do somatório da Depreciação Operacional e do Custo de Capital.....	36
Figura 5 - Demonstração dos custos de manutenção do veículo ao longo da sua vida útil.....	39
Figura 6 - Custo Anual Uniforme Equivalente.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias de veículos registrados pela ANTT.....	25
Tabela 2 - Comparação de veículos registrados em cada intervalo de 10 anos.....	27
Tabela 3 - Quantidade de ônibus registrados nos anos de 2001 – 2010.....	27
Tabela 4 - Dados do valor residual na sua vida útil.....	31
Tabela 5 - Dados do valor da depreciação operacional para cada ano de vida útil.....	32
Tabela 6 - Custo de Capital para o período de vida útil, incluindo taxa Finame de 15,74%. ..	34
Tabela 7 - Custos de possuir um veículo.....	35
Tabela 8 - Custo anual de manutenção em % do valor do veículo novo para o período de vida útil.....	37
Tabela 9 - Custo anual de manutenção para os 17 anos de vida útil.....	38
Tabela 10 - Valores para “Achar A dado P” para o período dos 17 anos de vida útil.....	40
Tabela 11 - Valores para “Achar A dado F” para o período dos 17 anos de vida útil.....	40
Tabela 12 - Valores para “Achar P dado F” para o período dos 17 anos de vida útil.....	41
Tabela 13 - Custo total do veículo nos anos de vida útil.....	42
Tabela 14 - Custo Anual Uniforme Equivalente do ônibus selecionado.....	44
Tabela 15 - Total de veículos com idade maior ou igual a 9 anos	46
Tabela 16 - Custo monetário de poluição atmosférica.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS

Subscritos

IE idade econômica

PA Poluição Atmosférica

t Tempo

Símbolos Gregos

ε Externalidade

δ taxa de inflação

Siglas

ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres

CAUE Custo Anual Uniforme Equivalente

BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

TMA Taxa Mínima de Atratividade

FVP Fator de Valor Presente

TRIP Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros

FRC Fator de Recuperação do Capital

CNT Confederação Nacional do Transporte

ANFAVEA Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo fornece subsídios para o entendimento da importância do tema abordado e dos motivos que motivaram a realização deste projeto, e também elenca os objetivos que o projeto almeja. Além disso, ao final são descritas a metodologia e a estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização

O transporte terrestre de passageiros por ônibus é a principal modalidade na transferência coletiva de pessoas. Além disso, o transporte rodoviário de passageiros, especialmente o interestadual, possui uma grande relevância quando se trata de promover a integração e o desenvolvimento econômico regional e social, devido à sua grande abrangência e ao baixo custo relativo (MARTINS, 2004).

O transporte rodoviário de passageiros no Brasil movimenta mais de 140 milhões de usuários/ano (ANTT, 2014). Conforme estabelecido no Decreto nº 2.521/98, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) detém a competência para o controle das operações (Art. 2º), por meio de sociedades empresariais legalmente constituídas para esse fim.

Esta pesquisa priorizou a análise da categoria dos ônibus convencionais, com banheiro e sem banheiro, devido a sua alta frequência de utilização desses veículos. Os ônibus convencionais na base ANTT utilizada, possui a maior representatividade, com 41% dos veículos registrados em comparação as outras categorias.

Feldens et al. (2010, p. 2) explicam que no processo de decisão as empresas do setor de transporte devem buscar o uso eficiente dos ativos fixos, vinculado a uma política bem estruturada de avaliação e substituição da frota.

Feng e Figliozzi (2012) contribuem explicando que, por um lado, a substituição de frota de veículos antigos por novos, por exemplo, pode reduzir os custos de manutenção, já que esse tipo de custo aumenta proporcionalmente à idade do ônibus. Por outro lado, a substituição da frota aumenta significativamente os custos de capital.

Esse projeto tem, portanto, como motivação identificar os impactos econômicos e ambientais

significativos gerados pela obsolescência dos veículos nas rodovias. Além disso, este estudo realiza uma avaliação econômica da frota brasileira de ônibus convencionais interestaduais, por meio da análise do ponto ótimo de renovação da frota de veículos obsoletos. Para isso, são mensurados a vida econômica dos ônibus que compõem a frota e os impactos ambientais gerados.

1.2 Objetivo da Pesquisa

Realizar uma avaliação econômica da frota brasileira de ônibus convencionais interestaduais de passageiros, por meio da mensuração do ponto ótimo de substituição dos veículos, baseada em sua vida econômica.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Determinar a vida econômica do modelo de ônibus convencional escolhido, pelo método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).
- Obter o momento ideal para substituição dos equipamentos, de acordo com a metodologia de substituição idêntica.
- Mensurar o montante do investimento necessário para renovar toda a frota obsoleta, por meio da verificação da quantidade de veículos, que estão acima da vida econômica.
- Mensurar as externalidades negativas de poluição atmosférica gerada pela obsolescência da frota dos ônibus interestaduais.

1.3 Justificativa

Esse estudo norteia-se na tomada de decisão do período ideal para substituição da frota brasileira de ônibus convencionais interestaduais de passageiros; na determinação do montante necessário para essa renovação e na mensuração das externalidades negativas de poluição atmosférica. Na maioria das vezes, esse momento ultrapassa o tempo ideal para a substituição, determinada pela vida econômica do ativo. Isso acontece, em geral, em função da falta de recursos, da gestão ineficiente das frotas ou da falta de conhecimento das empresas.

As empresas de transporte interestadual de passageiros sofrem as influências da concorrência acirrada com as outras empresas, e também da pressão feita pelos clientes, que exigem com maiores frequências e melhor qualidade nos serviços prestados. Afim de satisfazer as necessidades dos consumidores, é de suma importância as empresas atenderem a diversos atributos que melhorem sua eficiência, tais como: tempo de deslocamento, conforto, segurança, acessibilidade, confiabilidade e, também, o nível tarifário. Além disso, para oferecer um bom serviço e garantir a qualidade, as empresas devem preocupar-se com o gerenciamento dos recursos, dos ativos permanentes, ou seja da frota de ônibus.

Conforme Uelze (1998), o veículo representa um subsistema do transporte, possuindo funções de apoio, segurança, atendimento e deslocamento. A gestão de frotas, por outro lado, possui a finalidade de reger, administrar, gerenciar um conjunto de veículos pertencentes a uma mesma organização. Sendo assim busca envolver serviços de dimensionamento, especificação de equipamento, roteirização, custos, manutenção e renovação de veículos, entre outros (VALENTE; PASSAGLIA; NOVAES, 1997). A maioria das empresas de transporte, entretanto considera a gestão de frotas de veículos, um fator de custos independente da estratégia empresarial, não distinguindo os benefícios que uma gestão eficiente da frota pode promover no desempenho global, representado pela pontualidade dos serviços e a melhoria do processo de produção do serviço.

Para satisfazer as necessidades dos seus clientes torna-se imprescindível que as empresas de transporte interestadual de passageiros administrem seus recursos, principalmente os seus ativos permanentes, ou seja, suas frotas, com o maior cuidado possível. Caso não o façam, a qualidade de seus serviços será prejudicada, comprometendo sua imagem perante a sociedade.

Conforme Vey e Rosa (2004), não é suficiente que as empresas atendam somente às necessidades do mercado consumidor. Também devem trazer retorno aos seus investidores, sócios ou acionistas, visto que esses se interessam pelos resultados de seus empreendimentos. Tendo em vista os aspectos acima levantados, surge então a necessidade de determinar o momento em que se deve substituir a frota, mantendo-se a qualidade dos serviços e o nível de lucratividade da empresa.

Existem diversos aspectos que contribuem para o envelhecimento da frota e o aumento dos custos operacionais. Primeiramente, a infraestrutura precária das rodovias pode ser considerada um exemplo do aumento do custo operacional do transporte rodoviário. Isso

influenciará no maior desgaste do veículo, e consequentemente, aumentará invariavelmente os custos variáveis, como peças, lubrificação, combustível, pneus e lavagem (REIS, 2011b). De acordo com a CNT (2010), os custos operacionais das frotas nacionais poderiam ser reduzidos em aproximadamente 25%, se as rodovias pavimentadas do País estivessem em ótimo estado de conservação.

Segundo, as alterações tecnológicas oriundas da evolução e inovação automobilísticas influenciam também no desgaste da frota brasileira de ônibus. Montenegro et al. (2009) descrevem que quanto mais antigo o veículo, maiores são os seus custos operacionais e sociais. Como consequência, os veículos obsoletos são responsáveis por maiores níveis de externalidades negativas de poluição atmosférica e de acidentes.

Para tentar solucionar esse problema, há políticas de impostos do governo que criam dificuldades para aqueles que mantêm veículos obsoletos. Ao incentivar, por exemplo, a circulação de frotas mais novas, que geram menos poluição e riscos de acidentes à população. Além disso, é importante ressaltar que as frotas de veículos mais novas podem influenciar na imagem da empresa perante os clientes.

Outro ponto relevante relaciona-se aos custos do seguro. Conforme o veículo torna-se obsoleto, o seguro tende a aumentar. As seguradoras consideram o risco de sinistro, portanto um carro antigo tem maiores probabilidades de sofrer sinistros (site E-konomista, 2015). Uma escolha baseada na renovação da frota dos ônibus convencionais interestaduais é de extrema relevância, pois pode proporcionar amplos ganhos de qualidade como produtividade, segurança no trânsito, disponibilidade e conforto na utilização. Em busca da melhoria contínua do serviço prestado, o monitoramento da renovação dos veículos é fundamental.

1.4 Metodologia da Pesquisa

A pesquisa foi dividida em duas fases. A primeira fase refere-se à pesquisa bibliográfica realizada por meio de consulta aos principais trabalhos realizados na área. Nesta fase, foram identificados e explorados os conceitos de substituição de equipamentos do modo rodoviário, externalidades negativas de poluição atmosférica e vida econômica desses veículos. Em seguida, realizou-se a compilação do conteúdo e o fichamento da bibliografia.

O projeto valeu-se de uma base de dados fornecida pela ANTT, a qual inclui dados de empresas interestaduais de ônibus, contendo os modelos e anos de fabricação de todos os ônibus por empresa. A partir dos dados e do conhecimento acerca do assunto, realizou-se um panorama da composição da frota de ônibus interestadual de passageiros por intermédio de análises estatísticas dos dados, no Microsoft Excel.

O processo de análise dos dados divide-se em dois procedimentos: tabulação dos dados e cálculos estatísticos. Nessa segunda fase, primeiramente foi escolhido um modelo de veículo padrão, mais utilizado pelas empresas, e posteriormente analisou-se a vida útil desse veículo. Após essa etapa, utilizou-se um modelo de substituição de equipamentos para a determinação da vida econômica do veículo padrão escolhido. Em seguida, foi calculada a vida econômica do modelo de ônibus escolhido, de acordo com a base da ANTT. O cálculo dos Custos Anuais Uniformes Equivalentes (CAUE) do ativo, para todas as possibilidades de vida útil, permite calcular a vida econômica do ônibus.

Além disso, foi necessário levantar também os dados para calcular os custos operacionais, de manutenção, de capital e a depreciação durante os anos de utilização do veículo. Para o cálculo dos custos fixos, que não sofrem mudanças relevantes com o passar dos anos, deve-se obter o valor da depreciação e a remuneração do capital. Já para estimar os custos variáveis, deve-se obter o custo de manutenção, de acordo com o modelo de ônibus escolhido. Nesse caso, como os custos de manutenção aumentam conforme a idade do veículo, um percentual médio de aumento calculado foi aplicado, de acordo com Pereira (2006). O custo total para cada ano da vida útil do veículo é o somatório dos custos fixos e dos custos variáveis. Além disso, foram mensurados os custos das externalidades negativas de poluição atmosférica gerada pela obsolescência da frota dos ônibus interestaduais.

Na terceira fase foi estimada os impactos econômicos do método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) para renovar a frota de ônibus com idade superior à vida econômica. Para isso, levantou-se a quantidade de veículos que possuem a idade superior à vida econômica encontrada. Para concluir, é realizada uma avaliação do montante do investimento necessário para substituição do modelo de ônibus obsoleto por um novo, atendendo à substituição idêntica, ou seja, trocado por outro, com características semelhantes.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho, o problema e a justificativa. São explorados também os objetivos da pesquisa e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica do tema. Nesse capítulo, portanto, são mostrados o funcionamento e dispêndios do transporte rodoviário interestadual de passageiros, vida econômica, substituição da frota de ônibus e por fim, conceituação de poluição atmosférica.

No Capítulo 3 é realizado o estudo de caso para calcular a vida econômica de um ônibus padrão, escolhido a partir dos veículos utilizados pelas empresas de transporte interestadual de passageiros, no Brasil. Além disso, nesse capítulo são calculados os impactos econômicos e as externalidades negativas de poluição atmosférica.

No Capítulo 4 são realizadas as conclusões do trabalho, juntamente com as considerações finais. Finalmente, são elencadas algumas proposições de trabalhos futuros, em relação ao tema de substituição de frotas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, pretende-se realizar a revisão bibliográfica, contextualizando sobre os seguintes temas: dispêndios do Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros, vida econômica, substituição da Frota de ônibus e sobre poluição atmosférica.

2.1 Dispêndios do Transporte Rodoviário Interestadual

O dispêndio de capital pode ocorrer por diversas razões. Conforme Gitman (2007), pode-se enfatizar quatro motivos principais: expansão, substituição, modernização ou outras finalidades. A expansão ocorre em empresas novas e/ou que estão em fases de crescimento. Este investimento é feito para comprar infraestrutura adicional, que vão desde imóveis e instalações fabris, até aumento da quantidade de equipamentos de produção. A substituição está ligada ao conceito de renovação. Trata-se da reposição de ativos obsoletos, ou com altos custos operacionais, por outros mais eficientes. A modernização é exemplificada pela prática de reformas, atualização de softwares e de equipamentos fabris, renovação de instalações elétricas, dentre outros. Na modernização, deve-se manter o ativo antigo, entretanto investe-se para iniciar um segundo ciclo de vida desse ativo. Por fim, dispêndios classificados como “outras finalidades” são, em geral, bens intangíveis ou tangíveis, mas que produzem resultados intangíveis de difícil mensuração.

Um dos fatores que mais necessitam de uma gestão eficaz é o custo do transporte. Isso porque, segundo Fleury, Wanke e Figueiredo (2008), o transporte é o responsável pela maior parte dos custos logísticos em uma empresa. A preocupação com a redução dos custos do transporte deve ser constante.

A posse de um bem de capital gera custos pela aquisição, pela manutenção de sua funcionalidade e pela sua operação. Os custos operacionais dos veículos rodoviários podem ser classificados em diretos e indiretos. Os custos indiretos são os custos necessários para manter o sistema de transporte da empresa e que não permitem uma correspondência direta com os serviços executados, tais como comunicações e aluguéis (VALENTE, PASSAGLIA e NOVAES, 1997, p. 86).

Por sua vez, os custos diretos podem ser fixos ou variáveis. Os custos fixos “englobam o conjunto dos gastos, cujo valor, dentro de limites razoáveis de produção, não variam em função do nível de atividade da empresa ou grau de utilização do equipamento” e os custos variáveis “são proporcionais à sua utilização”. Dentre os custos fixos, pode-se citar a depreciação, seguros e salários. Como exemplos de custos variáveis, podem ser citados os gastos com peças, serviços de manutenção, combustível, pneus e lubrificantes, que variam diretamente com o uso (PACHECO, 2004, p. 10).

Segundo Pacheco (2004), existem três fatores que influenciam na determinação da vida econômica: os gastos com manutenção, o nível de depreciação do bem e o seu custo financeiro.

O custo financeiro está relacionado com o capital a ser investido possui um custo de oportunidade, já que os recursos poderiam ser aplicados em outros investimentos, caso sejam próprios, ou pelos juros incidentes sobre o capital de terceiros. Com relação ao custo de capital, Johnson (1973, p. 235) define-o como sendo a taxa mínima que os gastos de capital propostos deverão proporcionar.

Ao longo do tempo o patrimônio de uma organização vai sofrendo transformações. Existem vários métodos na Teoria Contábil para expressar essas mutações. Uma das variações que os bens sofrem chama-se “depreciação”, que reflete a redução do potencial e do valor do bem em função do tempo, do uso, da obsolescência ou da inadequação do mesmo (PACHECO, 2004).

Valente *et al.* (2008) descrevem que o valor da depreciação deve ser considerado no cálculo do custo de manutenção juntamente com os custos operacionais. Para esses autores, esse custo “está ligado ao preço inicial do veículo novo: quanto mais caro o veículo novo, maior será o valor da depreciação”. Para se calcular o valor residual do equipamento devido à depreciação, sugere-se a aplicação da fórmula, a seguir (Pereira, 2006):

$$VR = I \times e^{(-bt)} \quad (1)$$

De acordo com Kardec e Nascif (1998), ao realizar um comparativo dos serviços envolvidos na gestão de frotas, percebe-se que a manutenção consiste na garantia da disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, a fim de atender a um processo de produção e preservar o meio ambiente com confiabilidade, segurança e custo adequados. Para esses

autores, as estratégias de manutenção podem ser divididas em: corretiva; preventiva; preditiva; detectiva e Engenharia de Manutenção.

2.2 Vida Econômica

A vida útil de um veículo refere-se ao período compreendido do início de sua utilização até o momento em que ele deixa de estar operacionalmente ativo. Pode ser prolongada indefinidamente, enquanto houver peças de reposição que permitam manter a sua funcionalidade. Ela vai depender de fatores diversos como a qualidade intrínseca do veículo, o grau de utilização do bem, o tipo e a qualidade da manutenção, o nível de deterioração, a obsolescência, o tipo de pavimentação, a adequação do veículo, o zelo do condutor, dentre outros (PACHECO, 2004).

Com relação à vida econômica, o que se almeja é a eficiência e a eficácia do bem. Compreende o período que vai da aquisição até o ponto em que o custo médio anual atingir o seu valor mínimo, e não inclui reformas, retífica, recondicionamentos ou ampliações. “Trata-se daquele período de tempo em que o bem em serviço possa continuar prestando a mesma quantidade e qualidade de serviços para os quais foi designado, sem incorrer em gastos de manutenção fora dos padrões originalmente planejados.” (FURTADO et al., 2004, p. 52).

Degarmo e Canada (1973) complementam que a vida econômica de um bem, corresponde ao custo anual uniforme equivalente mínimo para operar ou possuir esse ativo. Os custos operacionais dos bens aumentam na medida em que o seu valor de mercado sofre depreciação, devido ao desgaste e a maior necessidade de manutenção. Sendo assim, a vida econômica é determinada como o momento no qual não é mais sustentável manter o equipamento, tendo em vista o elevado custo benefício de manter o veículo.

Segundo De Rocchi (1987), por meio do método do CAUE pode-se comparar duas ou mais oportunidades de investimento e determinar o momento ideal para a substituição do equipamento. Para calcular a vida econômica, faz-se necessário algumas informações sobre o bem que será analisado, como: valor do investimento ou da aquisição; valor de revenda ou valor residual, ao final de cada ano útil do bem; os custos operacionais; e o custo de capital ou a taxa mínima de atratividade (VEY e ROSA, 2004).

A frequência de troca de um veículo não é determinada pela sua vida útil, e sim por meio da vida econômica. O cálculo da vida econômica transforma os custos de possuir e os custos de manter em custos anuais equivalentes, ao aplicar uma determinada taxa de juros referente à remuneração do capital sobre o investimento ou a própria Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Novaes e Alvarenga (1994) propuseram o seguinte modelo para o cálculo do CAUE, e o definiram em diversos passos, conforme apresentado a seguir.

Utiliza-se o Fator de Valor Presente (FVP) para transformar os custos totais em valor presente, por meio da aplicação de uma determinada taxa de juros. Dessa forma o (FVP) pode ser calculado por meio da Eq. (2):

$$FVP = \frac{1}{(1+j)^n} \quad (2)$$

Na Equação (2), FVP é o fator de valor presente, j refere-se a taxa de juros e n é o período em anos.

Deve-se portanto, em seguida:

- Distribuir os valores obtidos no cálculo anterior pelos anos de vida útil do equipamento.
- Determinar a vida econômica do equipamento ao verificar o período que apresenta o menor Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). A fim de calcular o custo médio anual equivalente, associado ao investimento na aquisição ou substituição de um ativo, é dada a seguinte equação (3):

$$CAUE = (I - R) \times FRC + R \times j \quad (3)$$

Na Equação (3), I é o investimento, R é o valor residual e FRC é o fator de recuperação de capital. Para calcular o FRC, usa-se equação (4):

$$FRC = \frac{j \times (1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (4)$$

Onde j é a taxa de juros e n é o período em anos.

Conforme Casarotto e Kopittke (2010), o modelo do Custo Anual Uniforme Equivalente possui como pontos de entrada o valor do investimento do veículo novo, os custos de

depreciação, custos de capital e custos de manutenção; o valor residual do veículo para cada ano de vida útil, contabilizado como receita no ano correspondente; e por fim, os valores dos fatores das tabelas financeiras contabilizado para cada ano de vida útil.

Os fatores das tabelas financeiras usados são “ achar A dado P”, “ achar A dado F” e “ achar P dado F”. O fator “ achar A dado P” refere-se à procura de uma série uniforme A dado um valor presente P. Isso é calculado por meio de uma taxa de juros i num período igual a n . A equação (5) a seguir apresenta a fórmula de cálculo deste fator:

$$\left(\frac{A}{P}, i, n\right) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

O fator “ achar A dado F” visa encontrar uma série uniforme A, equivalente a um valor futuro F, por meio de uma taxa de juros i num período igual a n . A equação (6), a seguir apresenta a fórmula desse fator:

$$\left(\frac{A}{F}, i, n\right) = \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (6)$$

Por fim, o fator “ achar P dado F” tem o objetivo de encontrar um valor presente P equivalente a um valor futuro F, por meio de uma taxa de juros i num período igual a n . A equação (7) apresenta a fórmula de cálculo deste fator:

$$\left(\frac{P}{F}, i, n\right) = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (7)$$

2.3 Substituição da Frota de Ônibus

A substituição de equipamentos é um conceito amplo, que abrange desde a seleção de ativos similares, porém novos, para substituir os existentes, até a avaliação de ativos que atuam de modo completamente distintos no desempenho da mesma função (CASAROTTO FILHO e KOPITKE, 2000).

De acordo com Feldens *et al.* (2010), a substituição de equipamentos tem origem na Administração Científica, que possui como finalidade a maximização do valor presente do ativo considerado a partir de dados sobre o ciclo de vida e a determinação do ponto ótimo para a sua substituição, denominada vida econômica.

Quando há um aumento na vida útil dos veículos, as empresas possuem um custo de manutenção mais elevado, devido à falência dos sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos, à

corrosão da chaparia, deterioração e quebra de acessórios. Todavia, podem existir casos em que os custos de manutenção tornam-se proibitivos, sendo até maiores do que o valor comercial do veículo. Torna-se interessante analisar esse *trade-off* para a empresa: o que seria mais satisfatório, uma sobrevida forçada para o veículo, com os custos de manutenção aumentando cada vez mais e produzindo cada vez menos, ou a troca do mesmo na data mais adequada?

A substituição de frota de veículos antigos por novos, por exemplo, pode reduzir os custos de manutenção, conforme Feng e Figliozzi (2012), pois quanto maior a idade do ônibus maior será esse custo. A substituição de frota, todavia infere no aumento significativo dos custos de capital.

Conforme Casarotto Filho e Kopittke (2000), devem ser levados em consideração diversos fatores na tomada de decisão da renovação do veículo, tais como: a depreciação, o tempo de manutenção, os elevados custos, a confiabilidade associada à incerteza do desempenho do equipamento, assim como a quilometragem percorrida para indicar o desgaste mecânico.

Ainda de acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2000), os modelos de substituição de equipamentos foram desenvolvidos levando-se em consideração a natureza e as consequências da evolução tecnológica. Para avaliar a tomada de decisão da substituição, podem ser analisados cinco modelos:

- *Baixa sem reposição:* neste modelo são analisados os casos em que os ativos não são desejáveis de ser substituídos. Isso ocorre, tendo em vista que, o equipamento está perdendo sua razão de existir, antes de atingir sua vida física, devido à evolução dos produtos ou processos, e deixa de ser economicamente viável sua substituição para a empresa.
- *Substituição idêntica:* neste modelo, os equipamentos são substituídos por ativos contendo as mesmas características, pois não são afetados pelo avanço tecnológico. Nesse método, encontra-se a maioria dos veículos, motores elétricos e máquinas operatrizes, que podem ser usados por diversos anos, contanto que recebam uma manutenção adequada e de qualidade. Entretanto, os custos operacionais tendem a crescer com o passar do tempo, devido ao desgaste do bem. Já o custo de capital tende a diminuir, ou seja, quanto maior for a vida útil do bem, menor será o seu custo de capital.

Casarotto Filho e Kopittke (2000, p. 170) explicam que: "a determinação da vida econômica consiste em achar os custos ou resultados anuais uniformes equivalentes (CAUE ou VAUE)

do ativo para todas as vidas úteis possíveis. O ano para o qual o CAUE é mínimo ou o VAUE é máximo é o da vida econômica do ativo”. A figura 1 ilustra esta situação.

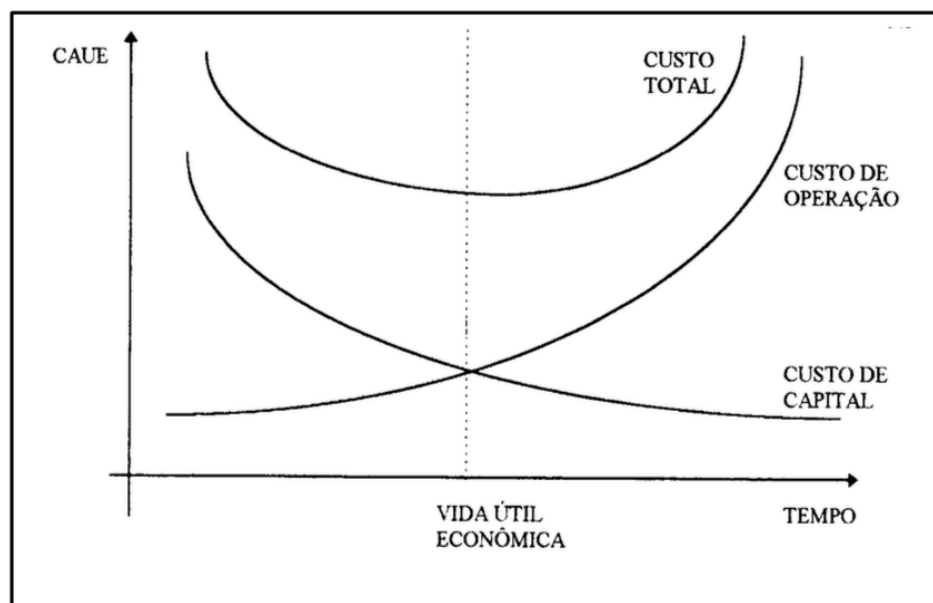


Figura 1 - Representação do custo anual uniforme equivalente.

Fonte: Velho (1997, p. 21)

- *Substituição não idêntica:* ocorre quando, devido ao avanço tecnológico, o equipamento denominado defensor, pode ser substituído por outro, denominado desafiante, com diferentes características.
- *Substituição com progresso tecnológico:* considera os avanços tecnológicos constantes, trazendo vantagem operacional à empresa, visto que os equipamentos mais modernos superam os antigos em termos de economia financeira e de economia de tempo de operação.

A solução para este caso é para Velho (1997, p. 23) "semelhante ao da substituição idêntica, onde se determina o custo anual uniforme equivalente resultante do investimento e dos custos de operação, acrescido do custo de obsolescência denominado de "inferioridade de serviço".

- *Substituição estratégica:* objetiva buscar produtos diversificados e com maior qualidade, para conseguir competir no mercado. Ao comparar esse modelo com os demais apresentados, percebe-se que ocorre uma preocupação com as receitas geradas pelos equipamentos, enquanto aqueles se preocupavam com as diferenças dos custos operacionais entre o defensor e o desafiante.

Segundo Velho (1997, p. 29), "a determinação da vida econômica é semelhante à da substituição com avanço tecnológico, porém crescendo-se como custo os reflexos negativos nas receitas, por não se utilizar os equipamentos disponíveis no mercado, que trariam receitas maiores".

Neste estudo, selecionou-se o segundo modelo descrito, de substituição idêntica, visando aferir a quantidade de recursos financeiros necessários, a fim de renovar a frota de ônibus convencionais com idade elevada por ônibus com características semelhantes.

2.4 Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica urbana vem sendo um dos maiores problemas que assolam a sociedade, não somente nos países industrializados, mas como também naqueles em desenvolvimento. Com o aumento das emissões atmosféricas, nas ultimas décadas, são notáveis os impactos causados pela poluição atmosférica nas comunidades e no meio ambiente. Esses são afetados negativamente e de modo constante pelos níveis elevados de poluição do ar, visto que a qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição de emissões veiculares e industriais (CETESB, 2011).

Considera-se poluente atmosférico qualquer substância presente no ar e que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso às matérias, à fauna e à flora ou, ainda, prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade (Lisboa e Kawano 2007).

Loureiro (2005) classifica os poluentes atmosféricos em dois grandes grupos: poluentes primários e poluentes secundários. Os poluentes primários são emitidos diretamente pelas fontes emissoras, como por exemplo: o monóxido de carbono, o dióxido de enxofre, entre outros. Estes poluentes podem, na baixa atmosfera, sofrer transformações e reações fotoquímicas dando origem a poluentes denominados secundários. Dado que a formação de poluentes secundários, tais como o ozônio, necessita de certo tempo e ocorre à medida que as massas de ar se deslocam, é normal que concentrações elevadas destes poluentes atinjam áreas mais afastadas das fontes de emissão que os poluentes primários.

Segundo Tundo e Zecchini (2007), os poluentes primários, depois de emitidos para a atmosfera, estão submetidos a processos complexos de transporte, mistura e transformação química, que dão origem a uma distribuição variável das suas concentrações na atmosfera, tanto no espaço como no tempo. Basicamente, as distribuições das concentrações de poluentes na atmosfera dependem das condições de emissão e das condições meteorológicas, podendo alguns deles serem transportados a grandes distâncias antes de atingirem o nível do solo.

A operação de veículos com idades avançadas gera ônus financeiro e ambiental bastante significativo, pelo fato de empregarem tecnologias antigas, poluidoras e pouco eficientes em relação ao consumo energético. Estes ônus são também chamados de externalidades negativas e afetam a sociedade como um todo, impactando no aquecimento global com consequências negativas para a humanidade, bem como para o ecossistema brasileiro. Esses veículos emitem elevadas quantidades de dióxido de carbono (CO₂), principal gás de efeito estufa (IPEA, 2000), e outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NO_x), materiais particulados e outros.

Observa-se portanto que veículos novos consomem uma quantidade menor de energia, despejando menos poluentes na atmosfera. Tendo em vista esse aspecto, temos que o valor da poluição atmosférica produzida pela atual frota autônoma de caminhões é igual ao valor da tecnologia para evitá-la. Em termos matemáticos, tem-se:

$$\varepsilon_{PA} = Po_{novo} - Po_{velho} \times (1 + \delta)^t \quad (8)$$

Nesta Equação (8) infere-se que, ε_{PA} é a externalidade ambiental subjacente à frota de ônibus; Po_{novo} é o preço do ônibus novo; Po_{velho} é o preço do ônibus em circulação da atual frota; e δ representa a taxa de atualização correspondente à taxa de inflação utilizada para atualizar o preço do ônibus antigo. Portanto, o valor da poluição atmosférica produzida pela frota de ônibus é igual à diferença entre o preço do ônibus novo e o preço do ônibus velho atualizado monetariamente para o período t . Para fins de cálculo, assume-se que o ônibus novo não possui tecnologias para outros fins relativamente ao ônibus velho. Essa diferença do preço do ônibus novo pelo preço do ônibus velho representa os gastos que seriam incorridos a fim de não degradar o recurso ambiental analisado. (May et al., 2003).

A poluição gerada pela combustão do diesel gera externalidades negativas que podem ser classificadas em três categorias:

- Efeitos nocivos à saúde humana: a exposição ao material particulado, em níveis elevados, causa mortes prematuras e doenças do aparelho respiratório.
- Efeitos nocivos locais, como redução da visibilidade, “*smog*” (quando os hidrocarbonetos reagem com o dióxido de nitrogênio em presença de radiação solar), chuva ácida (derivadas da emissão de óxidos de enxofre e de nitrogênio que se transformam na atmosfera em ácidos sulfúrico e nítrico, sulfatos e nitratos)
- Efeitos ambientais globais, como alterações do clima, quando o nível de emissão de CO é elevado.

Dentre os países da América do Sul, o primeiro a ter uma legislação voltada para reduções de emissões provenientes de veículos foi o Brasil. Hoje a legislação brasileira já conta com amplo amparo legal para medidas de controle referentes à poluição veicular (Loureiro, 2005).

É possível perceber que diversos fenômenos nocivos ao meio ambiente (chuva ácida, efeito *smog*, efeito estufa) e também ao homem (doenças respiratórias, alergias e outros) estão associados a este tipo de poluição. O governo estabeleceu diversas medidas para que o nível de poluentes emitidos por veículos estivesse dentro de um nível considerado aceitável, a meta mais importante a ser concluída é que a melhoria da qualidade do ar que respiramos não depende apenas de uma instituição e, sim, de uma ação conjunta de diversos órgãos e atividades que podemos citar: melhoria da qualidade dos laboratórios de teste das montadoras e das entidades ambientais governamentais (para efeito de fiscalização), do desenvolvimento de tecnologia dos motores e equipamentos; melhoria do combustível e até mesmo dos urbanistas e engenheiros de trânsito, que deverão evitar a concentração de veículos em corredores de tráfego; por isso, estudos futuros são necessários para aprimorar as medidas para redução da poluição atmosférica de origem veicular.

Logo, observa-se que a implementação de programas de incentivo a renovação de frota de veículos antigos e com tecnologia defasada surge como uma boa sugestão a fim de reduzir e externalidade negativa de poluição atmosférica, já que esses apresentam taxa de emissões elevadas. E segundo Fontana (1998 apud Meyer, 2001) a estratégia de renovação de frota e o sucateamento da antiga com o objetivo de reduzir o impacto ambiental de operação da frota de veículos e melhoria na segurança no transporte, foi muito implantada nos anos 90, por países como Grécia, Hungria, Dinamarca, Espanha, França, Irlanda, Noruega e Itália, e, também por governos estaduais dos Estados Unidos e Canadá.

3. APLICAÇÃO DO MODELO DE SUBSTITUIÇÃO DA FROTA DE ÔNIBUS INTERESTADUAIS

A partir da metodologia definida, o presente capítulo visa executar a avaliação da vida econômica de uma frota brasileira de ônibus interestaduais convencionais de empresas cadastradas, referente a base de dados de ônibus rodoviários de 2015, fornecida pela ANTT. Essa base de dados fornecerá insumos para os passos seguintes do trabalho. Os cálculos necessários para mensuração da vida econômica serão separados em: custos de capital, depreciação operacional, custos de manutenção, valor residual, e por fim, custo anual uniforme equivalente(CAUE).

3.1 Seleção do veículo:

Para a execução desse projeto utilizou-se a base de dados das empresas de transporte interestadual de passageiros registradas na ANTT, com dados referentes ao ano de 2015. Nessa base de dados estão contabilizados 18.214 registros de ônibus. Em seguida, os veículos registrados foram classificados em 10 categorias diferentes, que são listadas na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Categorias de veículos registrados pela ANTT.

Identificação	Categoria	Registros
1	CONVENCIONAL	7187
2	DOUBLE SERVICE	175
3	DOUBLE DECK	445
4	EXECUTIVO	6551
5	INTERNACIONAL	595
6	LEITO	279
7	SEMILEITO	1141
8	SEMIURBANO	1805
9	SEMIURBANO ARTICULADO	1
10	SEMIURBANO PADRON	35
TOTAL		18.214

Fonte: ANTT, 2015.

Na resolução nº 316/09, do Conselho Nacional de Trânsito, o ônibus rodoviário pode possuir versões distintas, conforme mostrado na Tabela 1, para diferenciar o tipo de serviço oferecido. Esse tipo de transporte é destinado ao transporte coletivo rodoviário de passageiros exclusivamente sentados, para percursos de médias e longas distâncias. Cada categoria estabelece algumas exigências e requisitos para circulação desses ônibus. Sendo assim, os ônibus considerados convencionais devem apresentar poltronas reclináveis e estofadas; apenas uma porta de entrada e saída, e o número de paradas deve ser reduzido. Para os ônibus executivos, todavia, esses devem apresentar além dos itens do convencional, equipamentos que visam ao aumento do conforto dos passageiros, tais como: ar condicionado, sanitário, refrigerador e sistema de som. O ônibus semileito, por sua vez, apresenta além das características do executivo, poltronas com inclinação mínima de três estágios. Já o ônibus leito apresenta além das características do executivo, poltronas com inclinação mínima de quatro estágios, cobertores individuais e fileiras de até três assentos.

Ao delimitar o escopo do trabalho foi sugerido a utilização dos ônibus rodoviários que faziam apenas viagens nacionais de passageiros, portanto não estão contemplados os dados de ônibus com a categoria internacional. Assim sendo, há um total de 17619 ônibus cadastrados. Ao observar esses registros é possível concluir que o modelo de veículo mais representativo da frota total é o ônibus convencional, com 7187 registros qualificados. Essa categoria de ônibus representa aproximadamente 41% do total de registros. A base de dados escolhida para o estudo consiste, portanto, de 7187 registros de veículos do modelo ônibus convencional, os quais pertencem a 196 empresas de transporte. Para o cálculo da vida econômica, buscou-se analisar os registros de veículos para cada intervalo de 10 anos de fabricação, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação de veículos registrados em cada intervalo de 10 anos.

Intervalo de Anos	Registros
1971 - 1975	1
1976 - 1980	4
1981 - 1985	16
1986 – 1990	157
1991 - 1995	797
1996 - 2000	843
2001 - 2005	1011
2006 – 2010	2261
2011 - 2015	2097
Total	7.187

Fonte: ANTT, 2015.

Por meio da Tabela 2, observa-se que dentre os 7187 ônibus registrados, o período de 2006 a 2010 apresenta uma quantidade maior de registros. Pelo fato desse intervalo representar aproximadamente 32%, optou-se por analisar os registros, de forma mais detalhada, para cada um dos anos abordados nesse intervalo, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de ônibus registrados nos anos de 2001 – 2010.

Ano de Fabricação	Registros
2006	356
2007	688
2008	418
2009	279
2010	520
Total	2261

Fonte: ANTT, 2015.

As pesquisas realizadas na Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) facilitaram a seleção do modelo de ônibus para determinação da vida econômica da frota. Sendo assim, optou-se por escolher o modelo de ônibus rodoviário Scania

K 380 – Marcopolo Paradiso 1550. Esse modelo foi lançado no ano de 2013, e foi desenvolvido para atuar em longas distâncias, como nas grandes viagens interestaduais do Brasil, razão para a sua escolha. Esse veículo possui motor com potência de 380 cavalos, com tração de 6x2 e comporta 42 passageiros (Scania, 2016). A Figura 2 ilustra o layout do veículo escolhido.

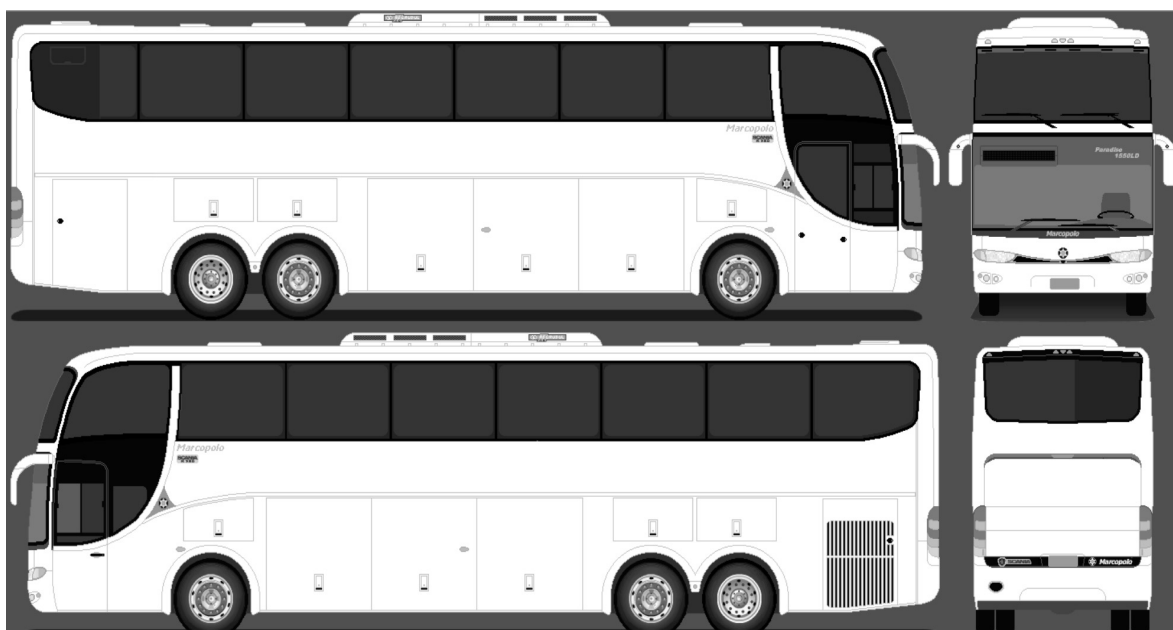


Figura 2 - Representação do Ônibus rodoviário Scania K380 – Marcopolo Paradiso 1550.

Fonte: Desenhos de Ônibus do Goiás, 2012), disposto em:

<http://desenhosdeonibusdegoias.blogspot.com.br/2012/05/paradiso-turis.html>

Conforme o Manual de Estudos de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), a vida útil do modelo escolhido é de 17 anos, tendo em vista que a partir dessa idade as funções desse tipo de veículo são perdidas. Essa pesquisa leva em consideração todos os desgastes sofridos por esses ônibus durante as viagens. A análise da vida útil do modelo de ônibus escolhido determinará o intervalo, em anos, que o método do CAUE será aplicado.

3.2 Determinação da Vida Econômica

Para avaliar a tomada de decisão da renovação dos veículos da frota dos ônibus interestaduais convencionais foi selecionado o modelo de substituição idêntica. Esse método preconiza que

todos os veículos com idade superior à vida econômica sejam renovados por veículos novos com características semelhantes.

Assim realizou-se uma simulação, supondo que todos os registros da base de dados referente aos ônibus convencionais fossem da marca e modelo previamente selecionados, Scania K 380 – Marcopolo Paradiso 1550.

Como esse trabalho trata da determinação da vida econômica de bens, que podem ser substituídos por outros semelhantes, não alterando o valor das receitas auferidas, esse método do CAUE encaixa-se para operacionalizar o problema da determinação do intervalo ótimo entre duas substituições. Vale ressaltar que existe um equilíbrio envolvendo dois custos: o custo de investimento inicial, que busca tornar a vida do bem a maior possível e os custos operacionais, que tendem a encurtar a vida do ativo (CASAROTTO E KOPITTKE, 2010).

Para estimar os impactos econômicos do método de substituição idêntica da frota de ônibus foram considerados para fins de cálculo, somente os veículos com idade menor ou igual à vida útil. Isso pode ser explicado por dois fatores: os ônibus com idade superior a vida útil são obsoletos e a vida econômica é sempre inferior ou igual à vida útil. Para esse estudo serão analisados os ônibus com ano de fabricação, a partir de 1998. Sendo assim, a amostra dos ônibus que se enquadram nesse perfil, cujo ano de fabricação pertence ao intervalo de 1998 até 2015, tem-se o total de 18.021 registros.

Para tornar viável essa análise, algumas informações foram relevantes para aplicar esse método, tais como: valor do investimento ou o preço de aquisição; valor de revenda ou residual ao final de cada ano da vida útil dos bens; o custo operacional do ônibus e o custo de capital ou a taxa mínima de atratividade para a empresa. No tópico a seguir são apresentados os dados estimados para operacionalizar o método.

3.2.1 Custos de depreciação e de capital

Valente et al., (2003) afirmam que a empresa deve possuir uma frota com menor idade possível, em boas condições de uso, com boa produtividade, redução de custos e bom resultado econômico, ao mesmo tempo, ausente de problemas que resultem em reparos e no comprometimento técnico, econômico e de segurança da frota.

Conforme Sullivan, Wicks e Luxhoj (2003), para calcular a depreciação de veículos pode-se utilizar os seguintes métodos: método linear; método da soma dos dígitos; método da soma inversa dos dígitos; método por unidades de produção e método exponencial. Os modelos de custos decrescentes com a idade dos veículos são os mais adequados por refletirem de forma mais realista a perda de valor em comparação aos modelos de depreciação linear (Valente, Passaglia e Novaes, 1995). Assim sendo, para o modelo escolhido de ônibus convencional optou-se por calcular a depreciação pelo método exponencial, que supõe uma queda anual do valor do ônibus, conforme uma porcentagem fixa do valor que tinha no período anterior.

Conforme Casarotto e Kopittke, (2010), a depreciação exponencial caracteriza-se por apresentar uma queda acentuada nos primeiros anos e mais suave nos anos posteriores. Nesse método, deve-se estimar um valor residual e, de posse da vida útil e do valor do bem, determinar um coeficiente que multiplicado pelo valor em cada ano resulte na quota a depreciar.

O Valor residual é o valor que se apuraria na venda do bem ao fim de sua vida útil. É, como pode-se perceber, um valor estimado. Para calculá-lo utiliza-se a fórmula (9):

$$VRE = P / (1 + t)^N \quad (9)$$

Em que VRE refere-se ao valor residual estimado, P é o preço de compra do ônibus, t representa a taxa de depreciação e N é o período em anos. O valor residual para o referido ano n é dado pela equação (10)

$$VR(n) = P / (1 + t)^n \quad (10)$$

Com a finalidade de solucionar o valor residual pesquisou-se o valor de investimento do modelo de ônibus selecionado. O preço de um modelo novo da Scania K 380 – Marcopolo Paradiso 1550 corresponde a R\$ 450.000,00. Ademais, conforme pesquisa realizada considera-se uma taxa de depreciação correspondente a aproximadamente 8% ao ano, no decorrer de 17 anos de vida útil para o modelo escolhido (FIPE, 2015). Aplica-se, portanto, o valor da depreciação na equação 10, a fim de encontrar os valores residuais para os 17 anos de vida útil do ônibus selecionado, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Dados do valor residual na sua vida útil.

Ano	Valor Residual(R\$)
1	414.000,00
2	380.880,00
3	350.409,60
4	322.376,83
5	296.586,69
6	272.859,75
7	251.030,97
8	230.948,49
9	212.472,61
10	195474,80
11	179.836,82
12	165.449,87
13	152.213,88
14	140.036,77
15	128.833,83
16	118.527,13
17	109.044,96

Fonte: Desenvolvido pela autora

Com os valores residuais encontrados, consegue-se obter a depreciação operacional referente a cada ano n de vida útil, pela equação (11). Essa equação fundamenta-se no valor residual do ano anterior multiplicado pela taxa de desvalorização para atingir o valor da depreciação operacional para cada ano.

$$Dn = t \times VR_{n-1} \quad (11)$$

Substituindo os valores residuais encontrados nessa equação, tem-se a depreciação operacional para cada ano de vida útil do ônibus, representada na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados do valor da depreciação operacional para cada ano de vida útil.

Ano	Depreciação Operacional (R\$)
1	36.000,00
2	33.120,00
3	30.470,40
4	28.032,77
5	25.790,15
6	23.726,93
7	21.828,78
8	20082,48
9	18.475,88
10	16.997,81
11	15.637,98
12	14.386,95
13	13.235,99
14	12.177,11
15	11.202,94
16	10.306,71
17	9.482,17

Fonte: Desenvolvido pela autora

Com os dados da Tabela 5, construiu-se o gráfico da curva exponencial (Figura 3). Percebe-se a queda maior nos primeiros anos de vida útil do ônibus e uma queda mais suave nos anos posteriores.

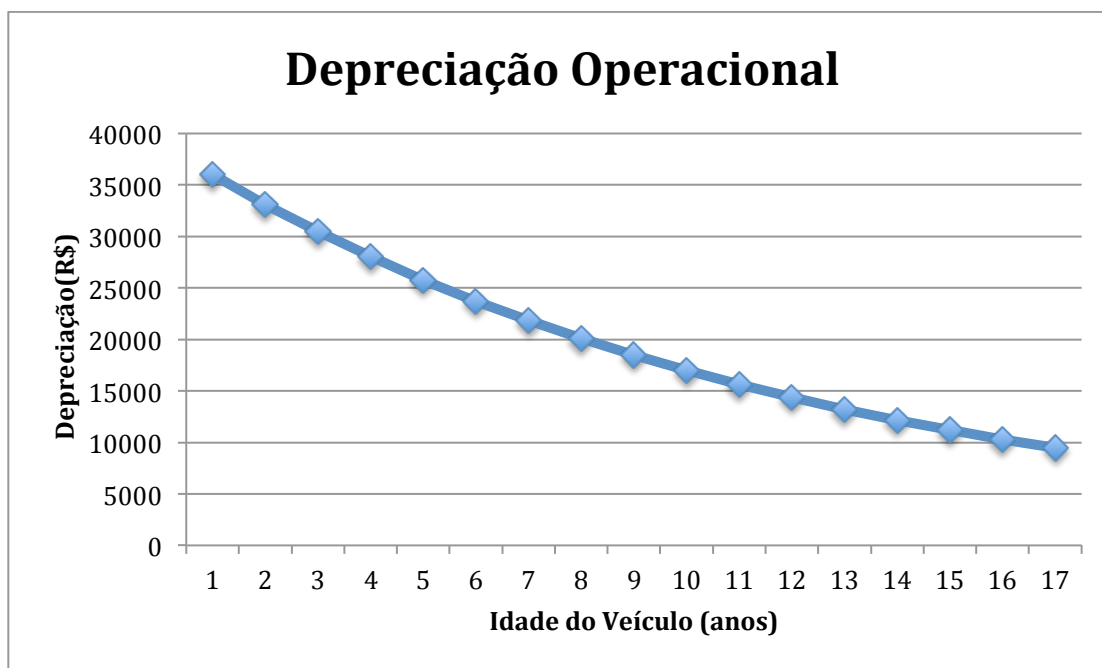


Figura 3 - Gráfico da depreciação operacional.

Fonte: Desenvolvido pela autora

Além da depreciação operacional do veículo é importante levar em consideração o custo de capital empregado. O custo de capital é representado pela taxa mínima de atratividade (TMA). De acordo com Rodrigues (2012), o custo de capital refere-se ao retorno nominal em percentagem do capital total investido na aquisição do veículo, o que representa um percentual desse rendimento sobre o valor do veículo, caso esse valor fosse aplicado no mercado financeiro.

Neste estudo, optou-se por utilizar como TMA a taxa de juros praticada no mercado. Essa taxa corresponde à taxa de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), realizado por meio de instituições financeiras credenciadas para a produção e para a aquisição de máquinas e equipamentos novos de fabricação nacional (BNDES, 2015). Dessa forma, considerou-se para fins de cálculo a taxa de juros Finame fixa de 15,74% ao ano, proposta pelo BNDES.

Sendo assim, para calcular os custos de capital para os 17 anos de vida útil do veículo, substitui-se os valores residuais calculados e aplica-se a taxa Finame de 15,74%, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Custo de Capital para o período de vida útil, incluindo taxa Finame de 15,74%.

Ano	Custo de Capital(R\$)
1	65.163,60
2	59.950,51
3	55.154,47
4	50.742,11
5	46.682,74
6	42.948,12
7	39.512,27
8	36.351,29
9	33.443,19
10	30.767,73
11	28.306,32
12	26.041,81
13	23.958,47
14	22.041,79
15	20.278,45
16	18.656,17
17	17.163,68

Fonte: Desenvolvido pela autora

A fim de calcular os custos de possuir um veículo, realiza-se o somatório dos valores encontrados de depreciação operacional e os valores dos custos de capital, conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Custos de possuir um veículo.

Ano	Depreciação mais Custo de Capital(R\$)
1	101.163,60
2	93.070,51
3	85.624,87
4	78.774,88
5	72.472,89
6	66.675,06
7	61.341,05
8	56.433,77
9	51.919,07
10	47.765,54
11	43.944,30
12	40.428,76
13	37.194,46
14	34.218,90
15	31.481,39
16	28.962,88
17	26.645,85

Fonte: Desenvolvido pela autora

Com os valores encontrados foi possível construir o gráfico da Figura 4, que representa o somatório dos custos de possuir o modelo de ônibus escolhido no período de vida útil. Pode-se inferir do gráfico uma queda acentuada nos primeiros anos de vida útil e uma queda suave nos últimos anos, isto é, representa o mesmo comportamento da curva exponencial da depreciação.

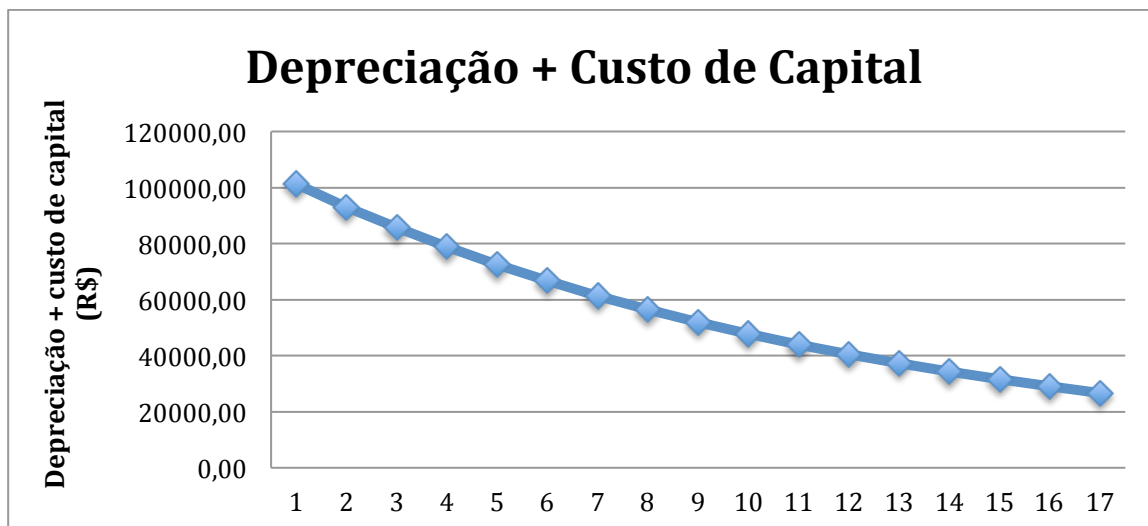


Figura 4 - Curva do somatório da Depreciação Operacional e do Custo de Capital.

Fonte: Desenvolvido pela autora

3.2.2 Custos de Manutenção

Neste quesito, torna-se necessária a análise da temporalidade da evolução diretamente proporcional que ocorre entre a variável custo de manutenção e a variável idade média da frota, a fim de verificar até que ponto a empresa deve incorrer em custos para manter o ônibus ou fazer a sua substituição por um veículo novo.

Segundo Valente *et al.* (2008), os custos com mão de obra de manutenção e com peças e acessórios compõem os custos de manutenção. Quando se trata da aquisição e da operação de veículos, o custo de manutenção consiste em uma das variáveis de maior relevância para apurar a vida econômica de um ativo.

Geralmente, atribui-se o valor do veículo novo para determinar o custo de manutenção. Ou seja, o somatório das despesas de manutenção de determinado período é relativo ao valor do investimento no veículo novo. De acordo com Valente (2003), a manutenção da frota é algo tão fundamental, como a correta aquisição dos veículos. Sendo bem feita, pode aumentar a lucratividade e diminuir os custos da empresa e não sendo bem feita pode até mesmo ser responsável pelo fechamento da empresa. Conforme Valente, Passaglia e Novaes (1995), os custos de manutenção são inferiores no início e aumentam nos últimos anos da vida útil do veículo, quando este está mais obsoleto.

Para determinar o custo anual de manutenção, foram aplicados os percentuais crescentes sobre o valor do veículo novo, conforme modelo proposto por Valente, Passaglia e Novaes (1995). É relevante considerar, entretanto, que essas porcentagens são valores estimados, na medida em que devem ter sido levantadas juntamente, com o setor contábil da empresa. O custo de manutenção possui uma grande variabilidade, dependendo do tipo de manutenção adotada, das condições das vias percorridas, dos programas de treinamento dos motoristas, dentre outros fatores.

Na metodologia adotada, as porcentagens foram determinadas somente para os primeiros 12 anos de vida útil. Sendo assim, buscou-se adequar a vida útil do ônibus escolhido, para os anos restantes e foi atribuído o valor relativo ao décimo segundo ano (41,70%), conforme mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Custo anual de manutenção em % do valor do veículo novo para o período de vida útil.

Ano	Custo Anual de Manutenção em % do valor do veículo novo
1	11,20
2	12,30
3	13,50
4	15,70
5	17,80
6	20,10
7	22,30
8	25,50
9	28,80
10	32,40
11	36,80
12	41,70
13	41,70
14	41,70
15	41,70
16	41,70
17	41,70

Fonte: Adaptado de Valente, Passaglia e Novaes (1995).

Em seguida, para estimar o custo anual de manutenção, aplicou-se esses valores de porcentagens apresentados na Tabela 8 sobre o preço do veículo novo. O valor do veículo corresponde a R\$ 450.000,00. A Tabela 9 apresenta os valores calculados.

Tabela 9 - Custo anual de manutenção para os 17 anos de vida útil.

Ano	Custo Anual de Manutenção
1	50.400,00
2	55.350,00
3	60.750,00
4	70.650,00
5	80.100,00
6	90.450,00
7	100.350,00
8	114.750,00
9	129.600,00
10	145.800,00
11	165.600,00
12	187.650,00
13	187.650,00
14	187.650,00
15	187.650,00
16	187.650,00
17	187.650,00

Fonte: Desenvolvido pela autora

Com os valores da Tabela 9, construiu-se o gráfico da Figura 5. Percebe-se que os valores dos custos de manutenção do veículo escolhido são mais altos à medida em que sua idade aumenta. Outro ponto a ser observado é com relação ao valor constante do custo de manutenção a partir do décimo segundo ano de vida útil, tendo em vista que as porcentagens relativas foram demonstradas até doze anos de vida útil do veículo, de acordo com Valente, Passaglia e Novaes (1995).

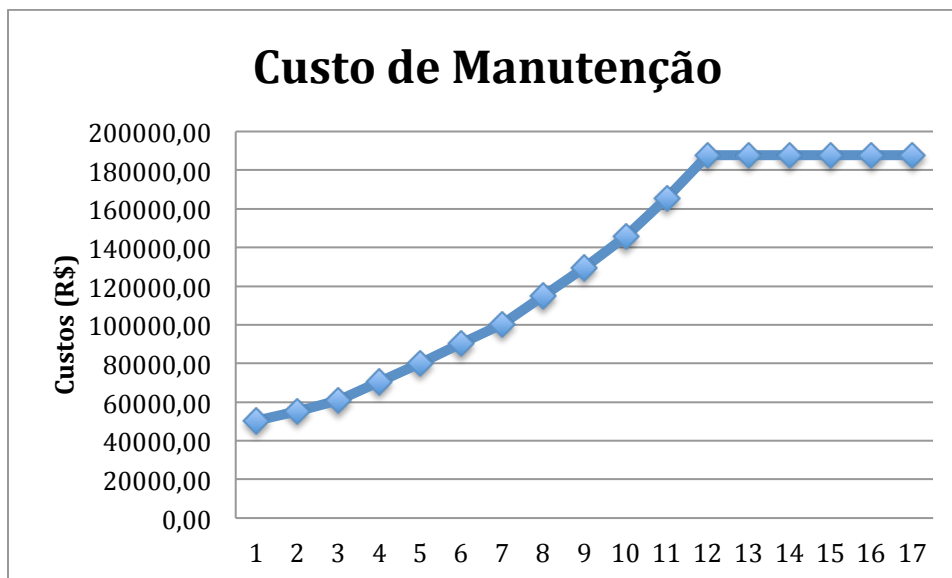


Figura 5 - Demonstração dos custos de manutenção do veículo ao longo da sua vida útil.

Fonte: Desenvolvido pela autora

3.3 Custo Anual Uniforme Equivalente

Conforme Casarotto e Kopittke (2010) o modelo do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) necessita dos seguintes dados: o preço do carro novo; o custo total para cada ano de vida útil, incluindo os custos de depreciação, custos de capital e custos de manutenção; o valor residual do veículo para o período de vida útil, aplicado como receita no ano correspondente e os fatores das tabelas financeiras para cada ano de vida útil.

Sendo assim, primeiramente, faz-se necessário encontrar os fatores financeiros. Foram escolhidos para aplicação desse modelo: “achar A dado P” ; “Achar A dado F” e “achar P dado F”. Para isso, considera-se para fins de cálculo a taxa de juros Finame fixa de 15,74% ao ano, proposta pelo BNDES. Assim sendo, as Tabelas 10, 11 e 12 contêm os valores de “A dado P”, de “A dado F” e de “P dado F” para cada ano de vida útil do veículo.

Tabela 10 - Valores para “Achar A dado P” para o período dos 17 anos de vida útil.

Ano	Valores de A dado P (juros de 15,74% ao ano)
1	1,15740
2	0,62092
3	0,44336
4	0,35552
5	0,30356
6	0,26952
7	0,24572
8	0,22830
9	0,21512
10	0,20490
11	0,19682
12	0,19034
13	0,18507
14	0,18075
15	0,17718
16	0,17420
17	0,17171

Fonte: Desenvolvido pela autora

Tabela 11 - Valores para “Achar A dado F” para o período dos 17 anos de vida útil.

Ano	Valores de A dado F (juros de 15,74% ao ano)
1	1,000000
2	0,463521
3	0,285961
4	0,198122
5	0,146159
6	0,112123
7	0,088319
8	0,70898
9	0,057721

10	0,047502
11	0,0394241
12	0,0322940
13	0,027673
14	0,023351
15	0,019777
16	0,016800
17	0,014308

Fonte: Desenvolvido pela autora

Tabela 12 - Valores para “Achar P dado F” para o período dos 17 anos de vida útil.

Ano	Valores de P dado F (juros de 15,74% ao ano)
1	0,864006
2	0,746506
3	0,644985
4	0,557271
5	0,481485
6	0,416006
7	0,359431
8	0,310550
9	0,268317
10	0,231828
11	0,200300
12	0,173061
13	0,149525
14	0,129191
15	0,111621
16	0,096442
17	0,083326

Fonte: Desenvolvido pela autora

Para colocar em prática o método do Custo Anual Uniforme Equivalente, é necessário obter o somatório dos custos de depreciação, de capital e de manutenção, que envolvem cada

ano de vida útil do veículo. Logo, a Tabela 13 apresenta esses valores para o modelo de veículo escolhido. Além disso, é importante salientar que foi assumido que o tipo de ônibus selecionado percorreu em média, a mesma quilometragem de um ano para outro. Por conseguinte, conclui-se que as variações dos custos foram influenciadas exclusivamente pelo desgaste do ativo com o passar dos anos e pela perícia na sua utilização.

Tabela 13 - Custo total do veículo nos anos de vida útil.

Ano	Somatório dos custos do veículo (R\$)
1	151.563,60
2	148.420,51
3	146.374,87
4	149.424,88
5	152.572,89
6	157.125,06
7	161.691,05
8	171.183,77
9	181.519,07
10	193.565,54
11	209.544,30
12	228.078,76
13	224.844,46
14	221.868,90
15	219.131,39
16	216.612,88
17	214.295,85

Fonte: Desenvolvido pela autora

Conforme Silva, Nogueira e Reis (2012), considera-se para o cálculo do CAUE a seguinte equação:

$$CAUE_t = \sum_{t=n}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \times \frac{(1+i)^t \times i}{(1+i)^t - 1} \quad (12)$$

Onde o período é t , FC_t é o fluxo de caixa líquido do período t , e i é taxa mínima de atratividade (TMA). Essa equação 12 representa, portanto, a transformação de um fluxo de caixa líquido desigual em uma série de pagamentos uniformes, com saídas de caixa idênticas em cada um dos períodos analisados.

Dessa forma, para cada ano de vida útil, deve-se transformar todos os custos anuais que não estão no ano inicial ou no ano final do período considerado para o presente, por meio do fator “Achar P dado F” do respectivo ano. Além disso, após a multiplicação de cada custo anual pelo seu respectivo fator “Achar P dado F”, é necessário somar estes resultados ao valor de investimento do veículo e empregar o fator “Achar A dado P”, a fim de encontrar uma série uniforme equivalente ao valor presente P total.

Em seguida, tem-se que reduzir o valor residual do custo total do referido ano (ano final do período) e multiplicar esse resultado pelo fator “Achar A dado F” para obter uma série uniforme A equivalente ao valor futuro F. Soma-se esse valor à série uniforme obtida pelo fator “Achar A dado P” para achar o Custo Anual Uniforme Equivalente CAUE para cada ano de vida útil do ônibus.

Com este procedimento, foram obtidos os seguintes resultados, conforme mostrado na Tabela 14:

Tabela 14 - Custo Anual Uniforme Equivalente do ônibus selecionado.

Ano	Custo Anual Uniforme Equivalente (R\$)
1	258.393,60
2	252.975,28
3	248.348,57
4	245.230,83
5	242.873,92
6	241.154,04
7	239.856,98
8	239.213,33
9	239.047,84
10	239.283,39
11	239.940,46
12	240.956,06
13	241.597,14
14	241.980,28
15	242.185,87
16	242.270,08
17	242.272,42

Fonte: Desenvolvido pela autora

Nota-se que o menor Custo Anual Uniforme Equivalente ocorre com nove anos de vida do veículo. Assim sendo, o período de nove anos corresponde a vida econômica do veículo, período em que o equipamento é capaz de produzir o máximo possível, ao menor custo.

Após esse período, a substituição é recomendada, já que os custos anuais começam a aumentar no ano seguinte. Logo, a substituição se apresenta como modo de reduzir custos e tornar mais eficiente a prestação do serviço de transporte rodoviário, tendo em vista que as externalidades negativas são maiores com o uso do veículo mais velho.

Ademais, deve-se levar em conta que ao realizar a renovação do veículo de 9 anos ou mais por um veículo novo, o CAUE do primeiro ano é superior ao CAUE dos demais anos do

veículo. Faz-se necessário, todavia, reduzir o valor da venda do veículo antigo do CAUE para valer a pena o benefício dessa substituição.

Por meio dos valores dos custos de capital, de depreciação, de manutenção e do Custo Anual Uniforme Equivalente que foram calculados, construiu-se o gráfico a seguir, conforme mostrado na Figura 6. Nesse gráfico, observa-se o momento em que é vantajoso ainda permanecer com o veículo e a correspondente idade viável de substituição. Assim sendo, demonstra o ponto no qual o CAUE é mínimo, o que representa a vida econômica do ônibus selecionado.

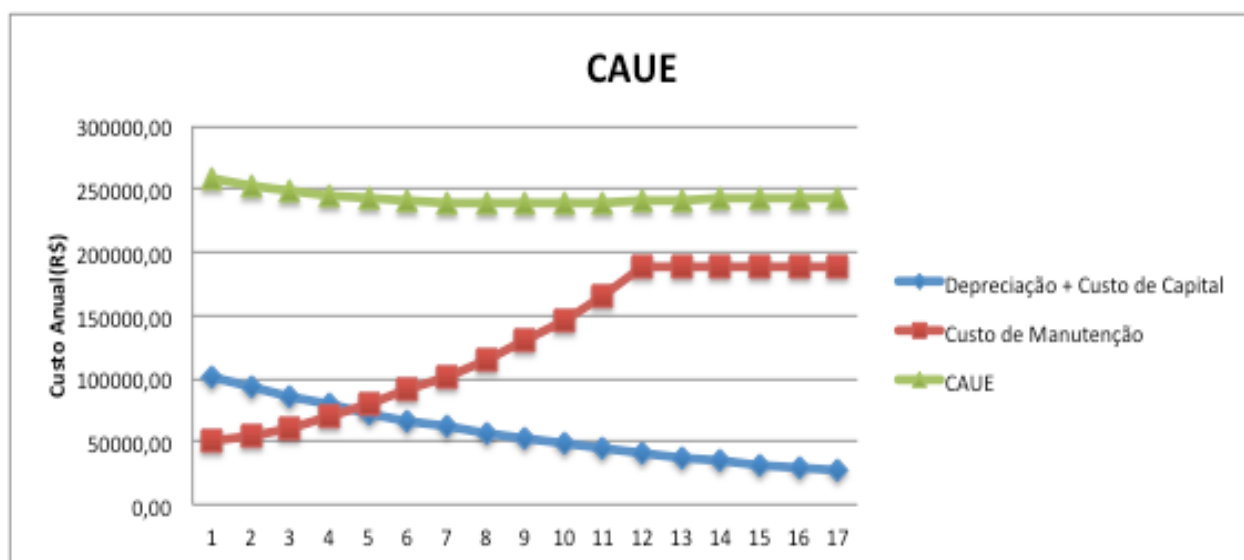


Figura 6 - Custo Anual Uniforme Equivalente.

Fonte: Desenvolvido pela autora

3.4 Impactos econômicos da substituição idêntica

A aplicação do método do Custo Anual Uniforme Equivalente permitiu perceber alguns aspectos interessantes no processo de substituição do veículo com idade acima da vida econômica encontrada, ou seja, de nove anos. Procedendo-se assim, ocorre um decréscimo nos custos, as externalidades negativas são reduzidas, e por fim, o serviço do transporte rodoviário de passageiros torna-se mais eficaz.

Por conseguinte, agora propõe-se o cálculo dos impactos econômicos da substituição idêntica de todos veículos com idade igual ou superior a vida econômica, na base de dados utilizada.

Dessa maneira, a Tabela 15 apresenta a quantidade de ônibus convencionais registrados entre 1998 e 2006, que possuem no mínimo 9 anos de idade.

Tabela 15 - Total de veículos com idade maior ou igual a 9 anos

Ano de Fabricação do Ônibus	Registros
1998	145
1999	128
2000	138
2001	232
2002	117
2003	161
2004	200
2005	301
2006	356
Total	1778

Fonte: Desenvolvido pela autora

Observa-se que existem na base utilizada 1.779 ônibus obsoletos, com 9 anos ou mais de idade. Logo, deveria ser feita a renovação da frota por ônibus novos do mesmo modelo estabelecido anteriormente, conforme modelo adotado de substituição idêntica.

Para efetuar a substituição seria desembolsado para cada ônibus um investimento de R\$ 450.000,00. Assim sendo, o impacto econômico para renovar toda a frota obsoleta atingirá o montante de R\$ 800.100.000,00. Tem-se, portanto, que os veículos que deveriam ser substituídos correspondem a aproximadamente 24,74% do total da base analisada.

A fim de encontrar o impacto econômico para toda a base, estabeleceu-se a permanência da mesma porcentagem, para os 18.214 ônibus registrados até 2015, envolvendo todas as categorias. O impacto econômico calculado de toda a frota de ônibus corresponderia agora a

R\$ 2.027.691.860,30, ou seja, seriam necessários mais de dois bilhões de reais para a renovação completa da frota.

3.5 Externalidades negativas da poluição atmosférica

Segundo Arruda (2010), os veículos novos consomem menos energia e despejam menos poluentes na atmosfera. Por conseguinte, pode-se afirmar que o valor da poluição atmosférica produzida pela atual frota de ônibus é igual ao valor da tecnologia para evitá-la.

Conforme modelo proposto por Rocha et al.(2009) e Arruda (2010), os custos monetários da externalidade da poluição atmosférica serão calculados apenas para os veículos com idade superior a vida econômica, que no caso estudado foi de 9 anos. Tendo em vista que os veículos mais novos emitem menos poluentes do que os veículos obsoletos, acima da sua vida econômica.

Afim de encontrar o custo monetário será utilizada a equação 8, exposta anteriormente na seção 2.4. Ademais, será levado em consideração a taxa de inflação equivalente a aproximadamente 8% ao ano (FIPE, 2015). Por conseguinte, são apresentados os custos monetários individuais de poluição atmosférica para os veículos com idades que vão de 9 anos até 17 anos. Afim de calcular os custos monetários de poluição total, conforme os registros apresentados, realizou-se a multiplicação do custo monetário de poluição individual pela quantidade de registros.

Tabela 16 - Custo monetário de poluição atmosférica.

Idade	Externalidade Individual	Registros	Externalidade Total
9	25.266,26	356	8.994.789,46
10	27.984,56	301	8.423.352,09
11	30.685,46	200	6.137.091,45
12	33.369,07	161	5.372.420,33
13	36.035,51	117	4.216.154,47
14	38.684,88	232	8.974.892,40
15	41.317,30	138	5.701.787,10
16	43.932,87	128	5.623.406,99
17	46.531,70	145	6.747.096,03
Total			60.190.990,31

Fonte: Desenvolvido pela autora

Tendo em vista a Tabela 16 tem-se que o custo monetário total de poluição atmosférica equivalente a frota antiga de ônibus que deverá ser renovada é de R\$60.190.990,31. Esse valor corresponde aos gastos que deixariam de existir, caso a frota tivesse uma idade menor, e portanto, tivesse sido renovada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Por intermédio desse estudo, foi possível concluir a avaliação econômica da frota brasileira de ônibus convencionais interestaduais de passageiros. Para isso, foi de suma relevância a mensuração de todos os custos de possuir e de manter um veículo de transporte rodoviário, bem como alcançar todos os objetivos específicos indicado no início do projeto. Por conseguinte, com a aplicação do método do Custo Anual Uniforme Equivalente conseguiu-se determinar o momento ótimo de renovação da frota de ônibus convencionais obsoleta. Sendo assim, nesse estudo conseguiu-se determinar a vida econômica de 9 anos para essa base selecionada, a partir da escolha do método de substituição idêntica de veículos. Com isso, foi possível realizar algumas análises em torno dos resultados encontrados.

Observa-se, por exemplo, que existem na base utilizada 1.779 ônibus obsoletos do grupo de 7187 registros qualificados de ônibus convencionais com idade acima da vida econômica de 9 anos. Portanto, tem-se que aproximadamente 24,74% dos ônibus da base analisada são obsoletos e deveriam ser substituídos. Dessa forma, com a finalidade de renovar essa frota obsoleta, estimou-se o impacto econômico. Logo, o montante a ser investido será em torno de R\$ 800.100.000,00. Além disso, estimou-se que a externalidade negativa total de poluição atmosférica resultante da retirada dos ônibus da base selecionada, com idade superior a 9 anos correspondeu-se à R\$60.190.990,31.

Por meio do presente projeto foi possível compreender que os veículos com uma idade acima da vida econômica causam altos custos de manutenção. A situação desejada é que a substituição desses veículos seja realizada antes que os custos de manter o veículo se torne não sustentável para a empresa, momento em que a vida econômica terá sido ultrapassada. Essa situação é explicada devido ao fato das empresas não terem esse conhecimento dos métodos de substituição utilizado, que auxilia na tomada de decisão, em relação ao período ideal de substituição do veículo.

Além disso, os resultados alcançados, por meio deste projeto poderão servir de subsídio para as políticas de financiamento e de regulação da operação do transporte rodoviário de

passageiros. De forma a torná-la mais eficiente e segura para a sociedade brasileira, que usufrui dessa frota, visto que, uma grande quantidade dos ônibus convencionais circulam com idade acima da vida econômica, emitindo altos níveis de gases poluentes. Como solução para reduzir as externalidades sociais gerada, sugere-se a renovação dessa frota obsoleta.

Deste modo, como sugestão para trabalhos futuros, poder-se-ia mensurar o cálculo do Custo Anual Uniforme Equivalente para todas as categorias da frota brasileira ônibus rodoviários. Além disso, recomenda-se a análise da comparação de métodos diferentes de substituição de equipamentos, por meio do impacto econômico da substituição da frota gerado para cada um deles. Por fim, sugere-se determinar a externalidade negativa de acidentes, com a finalidade obter as externalidades em conjunto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A.C; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada**. São Paulo: Blucher, 2000.

ANTT. **Banco de dados TRIP – Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília-DF, 2015.

ANTT. **Transporte Rodoviário Interestadual de Passageiros**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília-DF, 2015.

ANDRADE, F. G. B.; **Desenhos de Ônibus de Goiás**. Goiás, 2012. Disponível em:< <http://desenhosdeonibusdegoias.blogspot.com.br/2012/05/paradiso-turis.html> > Acesso em: 01 de Abril de 2016

ARRUDA, B. D. L. **Análise dos programas nacionais de financiamento para renovação de frota dos transportadores autônomos**. Dissertação de Mestrado em Transportes. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2010.

BNDES. BNDES Finame – Financiamento de máquinas e equipamentos. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br/bndesfiname> > Acesso em: 01 de Junho de 2016.

Brasil. **Decreto 2.521**, Dispõe sobre a exploração, mediante permissão e autorização, de serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros e dá outras providências. Brasília, 1998. Disponível em www.senado.gov.br. .

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKKE, Bruno Harmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial**. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CETESB. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. 2011. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, SP.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial**. Brasília, 2010.

CRUZ, R. O. M. **Regulação alternativa do transporte rodoviário interestadual de passageiros: Viabilidade legal do modelo de regulação de toque leve**. Brasil, 2008. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília – DF.

DEGARMO, E. P.; CANADA, J. R. **Engineering economy**. 5. ed. New York: Macmillan Publishing Co. Inc, 1973.

DE ROCCHI, Carlos Antonio. **Sobre as políticas de investimentos em ativos permanentes (1aParte)**. Revista do conselho regional de contabilidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 48,1987, p. 10-31.

DNIT. **Manual de Estudos de tráfego**. Rio de Janeiro – RJ, 2006

E-Konomista. **Seguro dos veículos** (2015). Disponível em: < <http://www.e-konomista.com.br/seguro-auto/> > Acesso em: 18 de Abril de 2016.

FELDENS, A.; MULLER, C. J; FILOMENA, T. P.; KLIEMANN NETO, F. J.; CASTRO, A. S.; ANZANELLO, M. J. **Política para Avaliação e Substituição de Frota por Meio da Adoção de Modelo Multicritério**. *ABCustos – Associação Brasileira de Custos*, v.5, n.1, 2010.

FENG, W., FIGLIOZZI, M.A. **Bus fleet type and age replacement optimization: a case study utilizing king county metro fleet data**. In: Proceedings of the 12th Conference on Advanced Systems for Public Transport. Santiago, Chile, 2012.

FIPE. **Preço médio de veículos**. Acesso em: 18 de Junho de 2016

FLEURY, P. F.; WANKE, P; FIGUEIREDO, K.F. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2008.

FURTADO, Cláudio V. **Parecer técnico: metodologia de cálculo dos valores de locação de infraestrutura compartilhada**. São Paulo: FGV, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ed. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GITMAN, L.J. **Princípios de administração financeira**. 10.ed. São Paulo: Pearson, 2007.

JOHNSON, Robert W. **Administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Pioneira: INL, 1973. v. 1.

Logística Para Todos. **Os cinco (05) modais de transporte**. Disponível em: <http://logisticaparatodos-com-b.webnode.com.br/>>. Brasil, 2011. Acesso em Abril 2015.

LOUREIRO L. N.; **Panorâmica Sobre Emissões Atmosféricas Estudo De Caso: Avaliação Do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana Do Rio De Janeiro Para Fontes Móveis**. Tese Universidade federal do Rio de Janeiro, 2005.

KARDEC, A.; NASCIF, J, **Manutenção – Função estratégica**. 1ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1998.

MARCONI, M.D.A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, v. 5 ed, 2003.

MARTINS, Francisco G. D. **Transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros: Regulação e concentração econômica**. Brasil, 2004. Monografia do Curso de Pós-Graduação em Controle Externo do Instituto Serzedello Corrêa do Tribunal de Contas da União.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: Teoria e Prática**. Campus: Rio de Janeiro-RJ, 2003.

MONTENEGRO, L. C. S. , BOURAHLI, A., FERNANDES, I. A. **Determinação do momento adequado para substituição de veículos de empresas com frota própria: Estudo de caso no setor público**. Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE, Ribeirão Preto – SP, 2011.

PACHECO, L. P. **Ponto econômico de renovação de frotas de veículos nas organizações**: Um estudo de caso na Secretaria de Estado da Fazenda da Bahia – IFMT / NORTE, no período de 1996 – 2003. Salvador: UFBA, 2004.

PEREIRA, D. B. S.; ROCHA, C, H. **Análise do impacto das condições de rodovias pavimentadas na rentabilidade de frota de transporte rodoviário de cargas: um estudo de caso**. Brasília: Anais da ANPET, 2006.

REVISTA TECHNIBUS. **Custos fixos e custos variáveis: modelo Scania K 380 Paradiso**. OTM Editora. Brasil, 2013.

ROCHA, C. H., ARRUDA, B. D. L.; ROCHA, M. O. M. **Renovação da frota de caminhões de carga agropecuária**. Anais do XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vitória- ES, 2009.

RODRIGUES, R. H. P. **Plano Diretor de transporte frota oficial**. Disponível em: < <http://www.gestaodoservidor.ce.gov.br/site/images/stories/manuais/bt22.pdf>> Acesso em: 20 de Abril de 2016.

SCANIA. **Modelos de ônibus rodoviários interestaduais**. Disponível em: < <http://www.scania.com.br/onibus/intermunicipais-e-rodoviaros/serie-k/index.aspx>> Acesso em: 18 de Abril de 2016.

SILVA, B. A. O.; NOGUEIRA, S. G.; REIS, E. A. D. **Determinação do momento ótimo para substituição de equipamentos sob as óticas da gestão econômica e da engenharia econômica**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves-RS, 2012

TUNDO P. e ZECCHINI F. **Mudanças climáticas globais** . Publicado em Julho de 2007 pelo Consórcio Interuniversitário Nacional “A Química para o Ambiente” e IUPAC União Internacional de Química Pura e Aplicada Disponível em: <http://www.incaweb.org/publications/pdf/climate_monograph_por.pdf> Acesso em: 11 fev. 2013

UELZE, R. **Transporte e frotas**. São Paulo: Pioneira, 1998.

VALENTE, A. M., PASSAGLIA, E., NOVAES, A. G. **Gerenciamento de transporte e frotas**. São Paulo: Pioneira, 1997.

VALENTE, A. M., PASSAGLIA, E., NOVAES, A. G. **Gestão de Frotas**. Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção – UFSC. Florianópolis – SC, 1995.

VELHO, Paulo Ricardo Aquino de Campos. **Renovação de frota em uma empresa de transporte coletivo intermunicipal de passageiros**: um estudo de caso. Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

VEY, I. H.; ROSA, R. M. **Substituição de frota em empresa de transporte municipal de passageiros: um estudo de caso**. Anais da IX Convenção de Contabilidade do Rio Grande do Sul. Gramado - RS, 2003.